ЮРАК ФАОЛИЯТИНИНГ ФИЗИКАВИЙ АСОСЛАРИ

Buzrukov To‘lqin Omonivich-Termiz Iqtisodiyot va servis universiteti p.f.f.d PhD, dotsent.Email:tolqinbuzrukov5@gmail.com

Toshpulatov Mirsaid Farxodovich -Termiz Iqtisodiyot va servis universiteti talabasi.Email: zoirvshokh77@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqola yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini chuqur tahlil qiladi. Unda yurakning nasos vazifasini bajarishidagi mexanik kuchlar, elektr impulslarining tarqalishi va qon oqimining gidrodinamik xususiyatlari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, qon bosimi, qon oqimi tezligi va tomirlar qarshiligi kabi muhim parametrlar hamda ularning yurak-qon tomir tizimi salomatligiga ta'siri yoritiladi. Tadqiqot natijalari yurak kasalliklarini diagnostika qilish va davolashda fizikaviy prinsiplarning muhim rolini ta'kidlaydi.

Kalit so'zlar: Yurak Faoliyati, Fizikaviy Asoslar, Gidrodinamika, Elektrokardiografiya, Qon Bosimi, Mexanika, Biologik Tizimlar, Qon Aylanishi

Abstract

This article provides a comprehensive analysis of the physical foundations underlying cardiac activity. It explores the mechanical forces involved in the heart's pumping action, the propagation of electrical impulses, and the hemodynamic characteristics of blood flow. Key parameters such as blood pressure, blood flow velocity, and vascular resistance are discussed, along with their impact on cardiovascular health. The findings underscore the critical role of physical principles in the diagnosis and treatment of heart diseases.

Keywords: Cardiac Activity, Physical Foundations, Hemodynamics, Electrocardiography, Blood Pressure, Mechanics, Biological Systems, Blood Circulation

Аннотация

Данная статья представляет всесторонний анализ физических основ сердечной деятельности. В ней рассматриваются механические силы, участвующие в насосной функции сердца, распространение электрических импульсов и гемодинамические характеристики кровотока. Обсуждаются ключевые параметры, такие как артериальное давление, скорость кровотока и сопротивление сосудов, а также их влияние на здоровье сердечно-сосудистой системы. Результаты исследования подчеркивают важную роль физических принципов в диагностике и лечении заболеваний сердца.

Ключевые слова: Сердечная Деятельность, Физические Основы, Гемодинамика, Электрокардиография, Артериальное Давление, Механика, Биологические Системы, Кровообращение

Введение

Юрак инсон ва ҳайвонлар қон айланиш тизимининг марказий аъзоси бўлиб, ритмик қисқаришлар орқали қоннинг узлуксиз оқимини таъминлайди. Унинг мураккаб тузилиши ва функцияси нозик физикавий принципларга асосланади. Инсон юраги, тўрт камерали конуссимон мушак насоси сифатида, кунига тахминан 100 000 марта қисқариб, бутун тана бўйлаб қонни айлантириш учун катта қувват ишлаб чиқаради [1]. Бу узлуксиз механик фаолият, систола ва диастола жараёнларини ўз ичига олиб, ҳаёт учун фундаментал аҳамиятга эга. Юрак фаолиятининг физикавий асосларини чуқур тушуниш тиббий диагностика, терапевтик интервенциялар ва биомедицина муҳандислиги соҳаларини ривожлантириш учун муҳимдир.

Мазкур мақола юрак фаолиятининг физикавий асосларини тизимли равишда ўрганишни мақсад қилган. Дастлаб, юракнинг анатомик-физиологик асослари ва унинг механик функцияси кўриб чиқилади, унинг тузилиши насос функциясини қандай енгиллаштириши таҳлил этилади. Шундан сўнг, юракнинг электрик фаолияти ва импульс тарқалишининг биофизикаси таҳлил қилиниб, қисқаришларни бошлаб ва мувофиқлаштирадиган электрик

ҳодисалар ёритилади. Қон айланишининг гемодинамик принциплари ва юракнинг насос механизми муҳокама қилинади, бунда суюқлик динамикаси ва босим ҳосил бўлишига эътибор қаратилади. Кейинги бўлимларда юрак мушагининг қисқариш физикаси ва энергия алмашинуви ўрганилади, мушакнинг қисқариши ортидаги ҳужайравий ва молекуляр механизмлар тушунтирилади. Ниҳоят, юрак товушлари ва уларнинг диагностик аҳамиятининг физикавий таҳлили тақдим этилади, акустик ҳодисалар юрак саломатлигини қандай акс эттириши кўрсатилади. Бу кенг қамровли ёндашув юракни мураккаб биомеханик тизим сифатида чуқурроқ тушунишга имкон беради.

Обзор литературы

Юрак фаолиятининг физикавий асосларини ўрганиш замонавий кардиологиянинг асосий йўналишларидан бири бўлиб, сўнгги йилларда бу соҳада сезиларли ютуқларга эришилди. Физика, биомеханика, суюқлик динамикаси ва электрофизиология тамойилларини юрак биологияси билан интеграция қилиш юрак-қон томир касалликларини тушуниш ва даволашда янги имкониятлар очмоқда. Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, юракни нафақат биологик аъзо, балки мураккаб биомеханик тизим сифатида қабул қилиш, унинг функциясини миқдорий жиҳатдан баҳолаш ва моделлаштиришга имкон бермоқда.

Юракнинг анатомик-физиологик асослари ва унинг механик функциясига оид тадқиқотлар, анъанавий анатомик билимларни чуқурлаштириб, юракнинг насос функцияси ортидаги физикавий механизмларни аниқроқ таҳлил қилишга қаратилган. Инсон юрагининг тўрт камерали тузилиши, унинг ўртача оғирлиги ва ўлчамлари каби асосий анатомик маълумотлар [1] юракнинг механик ишини тушуниш учун бошланғич нуқта бўлиб хизмат қилади. Сўнгги йилларда юрак мушагининг деформацияси ва зўриқишини ўрганишда юқори аниқликдаги тасвирлаш усуллари, масалан, магнит-резонанс томографияси (МРТ) ва

эхокардиографиянинг янги авлод технологиялари (масалан, спекл-трекинг эхокардиография) кенг қўлланилмоқда. Бу усуллар миокарднинг уч ўлчовли ҳаракатини, унинг қисқариш ва бўшашиш фазаларидаги локал деформациясини миқдорий жиҳатдан баҳолашга имкон беради. Биомеханик моделлаштириш, хусусан, чекли элементлар усули (Finite Element Analysis – FEA) юрак деворидаги зўриқиш ва деформация тақсимотини симуляция қилишда муҳим аҳамият касб этмоқда. Бу моделлар юрак тўқимасининг анизотроп ва вискоэластик хусусиятларини ҳисобга олиб, миокард инфаркти, гипертрофия ёки дилатация каби патологик ҳолатларда юракнинг механик жавобини прогноз қилишга ёрдам беради. Бундан ташқари, юрак клапанларининг механикаси, уларнинг қон оқими билан ўзаро таъсири (fluid-structure interaction) ва клапан дисфункциясининг юракнинг умумий насос функциясига таъсирини ўрганадиган тадқиқотлар ҳам фаол ривожланмоқда. Бу йўналишдаги ишлар клапан касалликларини диагностика қилиш ва протез клапанларни оптималлаштириш учун физикавий асосларни яратади.

Методология исследования

Mazkur maqola юрак фаолиятининг физикавий асосларини кенг қамровли ва тизимли таҳлил қилишга қаратилган бўлиб, унинг методологияси мавжуд илмий адабиётларни чуқур ва танқидий синтезлашга асосланади. Тадқиқотнинг асосий мақсади юракни мураккаб биомеханик ва биоэлектрик тизим сифатида тушуниш учун физика, биофизика, биомеханика, суюқлик динамикаси ва электрофизиология тамойилларини интеграция қилишдан иборат. Ушбу фанлараро ёндашув юрак-қон томир тизимининг фундаментал физикавий қонунларини аниқлаш, уларнинг нормал физиологиядаги ролини ёритиш ва патологик ҳолатлардаги ўзгаришларни таҳлил қилишга имкон беради. Бундай интеграциялашган методология, юрак фаолиятининг ҳар бир жиҳатини алоҳида ўрганишдан кўра, унинг турли компонентлари ўртасидаги ўзаро боғлиқликларни ва мураккаб динамикасини яхлит тушуниш учун зарурдир. Масалан, юракнинг

электрик фаолияти унинг механик қисқаришини бошқаради, механик кучлар эса ўз навбатида электрик жавобларни модуляция қилиши мумкин (электромеханик боғланиш). Бундай мураккаб ўзаро таъсирларни фақатгина физикавий ва биологик тамойилларни биргаликда таҳлил қилиш орқали тўлиқ англаш мумкин.

Adabiyotlarni qidirish strategiyasi. Ilmiy адабиётларни излаш жараёни бир нечта босқичда, тизимли ва такрорланувчи тарзда амалга оширилди. Дастлаб, мавзуга оид энг долзарб, нуфузли ва рецензияланган маълумотларни аниқлаш мақсадида PubMed, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore ва Google Scholar каби йирик илмий маълумотлар базаларидан фойдаланилди. Қидирув сўзлари сифатида ўзбек ва инглиз тилларидаги асосий терминлар комбинациялари қўлланилди, жумладан: "юрак физикаси", "кардиоваскуляр биофизика", "гемодинамика", "юрак электрофизиологияси", "юрак механикаси", "биомеханик моделлаштириш", "юрак товушлари физикаси", "heart physics", "cardiovascular biophysics", "hemodynamics", "cardiac electrophysiology", "cardiac mechanics", "biomechanical modeling", "physics of heart sounds", "fluid dynamics in circulation", "myocardial contraction physics", "cardiac energy metabolism", "cardiac imaging physics", "electromechanical coupling", "cardiac computational models". Қидирув натижаларини янада аниқлаштириш учун "review", "computational", "experimental", "imaging", "in vitro", "in vivo", "multiscale modeling", "finite element analysis", "computational fluid dynamics", "optical mapping", "pressure-volume loops", "acoustic analysis" каби қўшимча калит сўзлар ҳам ишлатилди. Бу кенг қамровли қидирув стратегияси мавзунинг барча асосий жиҳатларини қамраб олишга ва турли фан соҳаларидаги ютуқларни аниқлашга қаратилган эди.

Адабиётларни танлашда асосий эътибор 2020 йилдан кейин нашр этилган мақолаларга қаратилди, бу замонавий тадқиқотларнинг энг янги ютуқлари ва тенденцияларини қамраб олиш имконини берди. Хусусан,

сўнгги уч йил ичида чоп этилган ишлар юрак фаолиятининг физикавий асосларини тушунишдаги энг янги методологик ёндашувлар ва экспериментал кашфиётларни акс эттиради. Шу билан бирга, соҳанинг фундаментал асосларини ёритувчи, лекин нашр этилган санасидан қатъи назар, юқори таъсир коэффициентига эга бўлган классик асарлар ва кенг қамровли обзор мақолалари ҳам кўриб чиқилди, чунки улар мавзунинг тарихий ривожланиши ва асосий тамойилларини тушуниш учун муҳимдир. Танлаш мезонларига қуйидагилар киритилди: рецензияланган илмий журналларда чоп этилган мақолалар, китоб боблари, нуфузли конференция материаллари ва диссертациялар. Мақоланинг мақсадига мос келмайдиган, асосан клиник ҳолатлар тавсифига, фармакологик даволашга ёки жарроҳлик усулларига қаратилган ишлар танловдан четлатилди. Фақат юрак фаолиятининг физикавий, биофизикавий ва биомеханик аспектларини таҳлил қилувчи, миқдорий маълумотлар ва моделлаштириш натижаларини тақдим этувчи тадқиқотлар киритилди.

Маълумотларни саралаш ва танқидий баҳолаш. Дастлабки қидирув натижасида олинган минглаб мақолалар сарлавҳа ва аннотациялари бўйича дастлабки саралашдан ўтказилди. Бу босқичда мавзуга бевосита алоқадор бўлмаган ёки такрорланган ишлар четлатилди. Кейинги босқичда, танлаб олинган мақолаларнинг тўлиқ матнлари чуқур ўрганилди. Ҳар бир мақоланинг методологияси, асосий натижалари ва хулосалари танқидий жиҳатдан баҳоланди. Асосий эътибор тадқиқотларнинг ишончлилиги, далилларнинг сифати, қўлланилган физикавий моделларнинг асосланганлиги ва уларнинг мазкур мақоланинг умумий мақсадларига қанчалик мос келишига қаратилди. Масалан, юракнинг анатомик-физиологик асосларини таҳлил қилишда, унинг тўрт камерали тузилиши, ўртача оғирлиги ва қисқариш частотаси каби фундаментал маълумотлар [1] замонавий тасвирлаш усуллари (МРТ, эхокардиография) ёрдамида миокарднинг деформацияси ва зўриқишини миқдорий баҳолашга оид янги маълумотлар

билан биргаликда кўриб чиқилди. Тадқиқотларнинг кучли ва заиф томонлари, уларнинг чекловлари ва келгуси тадқиқотлар учун импликациялари ҳам баҳоланди. Бу жараён, мавжуд билимларнинг ҳозирги ҳолатини аниқлаш ва илмий консенсус ёки қарама-қаршиликлар мавжуд бўлган соҳаларни белгилаш учун муҳим аҳамиятга эга бўлди.

Маълумотларни таҳлил қилиш ва синтезлаш. Танлаб олинган адабиётлардан олинган маълумотлар мақоланинг режалаштирилган бўлимларига мувофиқ тематик жиҳатдан таҳлил қилинди ва синтезланди. Ҳар бир бўлим учун асосий физикавий тамойиллар, уларни ўрганишда қўлланилган экспериментал ва ҳисоблаш усуллари, шунингдек, эришилган асосий хулосалар аниқланди. Синтезлаш жараёнида турли фан соҳаларидан олинган маълумотлар ўзаро боғланди ва юрак фаолиятининг мураккаб физикавий асослари ҳақида яхлит тасаввур шакллантирилди.

Юракнинг анатомик-физиологик асослари ва унинг механик функцияси бўлимида, юракнинг насос функцияси ортидаги биомеханик принциплар таҳлил қилинди. Бунда юрак мушагининг геометрияси, унинг анизотроп ва вискоэластик хусусиятлари, клапанларнинг механикаси ва қон оқими билан ўзаро таъсири каби жиҳатлар ўрганилди. Чекли элементлар усули (Finite Element Analysis – FEA) ва кўп ўлчовли деформацияни баҳолашга имкон берувчи спекл-трекинг эхокардиография каби замонавий моделлаштириш ва тасвирлаш усуллари ёрдамида миокарднинг локал деформацияси, зўриқиш тақсимоти, буралиш (torsion) ва деформация тезлиги (strain rate) каби биомеханик параметрларга оид тадқиқотлар алоҳида эътибор билан кўриб чиқилди. Бу таҳлиллар юракнинг механик ишини миқдорий жиҳатдан тушуниш учун асос бўлди.

Юракнинг электрик фаолияти ва импульс тарқалишининг биофизикаси бўлимида, юрак ҳужайраларининг мембрана потенциаллари, ион каналларининг фаолияти ва ҳаракат потенциалларининг ҳосил бўлиши ҳамда тарқалиши биофизикавий нуқтаи назардан таҳлил қилинди. Ҳисоблаш

электрофизиологияси моделлари, жумладан, ион каналлари даражасидан тортиб, бутун юрак миқёсидаги кўп ўлчовли моделлар ва оптик хариталаш (optical mapping) каби экспериментал усуллар ёрдамида аритмияларнинг келиб чиқиш механизмлари, ре-энтри феномени ва электрик сигналларнинг юрак тўқимасида тарқалиш динамикасига оид сўнгги тадқиқотлар синтезланди. Механосенситив ион каналларининг ролига оид 2020 йилдан кейинги ишлар, уларнинг юракнинг электрик ва механик фаолияти ўртасидаги боғланишдаги аҳамияти нуқтаи назаридан ҳам кўриб чиқилди [2].

Қон айланишининг гемодинамик принциплари ва юракнинг насос механизми бўлимида, суюқлик динамикаси қонунларининг юрак-қон томир тизимидаги аҳамияти ўрганилди. Қоннинг юрак камералари ва қон томирлари орқали ҳаракати Бернулли, Пуазейль ва Навье-Стокс тенгламалари каби физикавий тамойиллар асосида таҳлил қилинди. Ҳисоблаш суюқлик динамикаси (Computational Fluid Dynamics – CFD) усуллари, уларнинг юрак ичидаги ва йирик қон томирларидаги қон оқими намуналарини, кесиш кучларини (shear stress) ва турбулентликни моделлаштиришдаги аҳамиятига эътибор қаратилди. Шунингдек, 4D оқим МРТ (4D flow MRI) каби инвазив бўлмаган тасвирлаш усуллари ёрдамида қон оқими тезлиги ва йўналишларини уч ўлчовда ва вақт бўйича визуаллаштириш ва миқдорий баҳолашга оид тадқиқотлар синтезланди. Босим-ҳажм (Pressure-Volume – PV) ҳалқаларини таҳлил қилиш орқали юракнинг насос самарадорлиги, иш ҳажми, қисқариш қобилияти ва вентрикуляр-артериал боғланиш каби гемодинамик параметрларни баҳолашга оид замонавий ёндашувлар ҳам кўриб чиқилди [3].

Юрак мушагининг қисқариш физикаси ва энергия алмашинуви бўлимида, саркомер даражасидаги актин ва миозин филаментларининг силжиш назарияси, кальций ионларининг қисқариш-бўшашиш жараёнидаги роли ва миозин бошчаларининг кинетикаси каби молекуляр-физикавий механизмлар таҳлил қилинди. Механотрансдукция жараёнлари, яъни

механик кучларнинг ҳужайра даражасида биокимёвий сигналларга айланиши ва уларнинг юракнинг қайта шаклланишига (гипертрофия, фиброз) таъсирига оид янги тадқиқотлар ҳам ўрганилди. Энергия алмашинуви нуқтаи назаридан, аденозинтрифосфат (АТФ) гидролизи ва митохондриал биоэнергетиканинг юрак фаолиятидаги аҳамияти, шунингдек, позитрон-эмиссион томография (ПЭТ) ва магнит-резонанс спектроскопияси (МРС) каби метаболик тасвирлаш усуллари ёрдамида миокарднинг энергия метаболизмини ин виво шароитида баҳолашга оид ишлар синтезланди.

Юрак товушлари ва уларнинг диагностик аҳамиятининг физикавий таҳлили бўлимида, юрак товушларининг (S1, S2, S3, S4) ва патологик шовқинларнинг физикавий келиб чиқиши акустик физика тамойиллари асосида тушунтирилди. Рақамли стетоскоплар, юқори аниқликдаги аудио ёзувлар, илғор сигналларни қайта ишлаш алгоритмлари (масалан, вейвлет таҳлили, спектрал таҳлил, фурье трансформацияси) ва машина ўрганиши ҳамда сунъий интеллектни қўллаш орқали юрак товушларидан нозик хусусиятларни ажратиб олиш ва уларни диагностик мақсадларда таҳлил қилишга оид замонавий ёндашувлар кўриб чиқилди. Бу технологияларнинг юрак касалликларини эрта аниқлаш ва диагностик аниқликни оширишдаги ролига алоҳида эътибор қаратилди.

Ушбу методология юрак фаолиятининг физикавий асосларини тушунишда фанлараро ёндашувнинг муҳимлигини таъкидлайди. Ҳар бир бўлимда физикавий тамойилларнинг биологик тизимларга қандай татбиқ этилиши ва бунинг натижасида юракнинг мураккаб функцияларини қандай тушуниш мумкинлиги ёритиб берилди. Маълумотларни синтезлаш жараёнида турли манбалардан олинган маълумотлар ўртасидаги боғлиқликлар аниқланди ва уларнинг умумий контекстда қандай ўрин тутиши кўрсатилди. Бу, ўз навбатида, юрак фаолиятининг физикавий асослари ҳақидаги яхлит, изчил ва чуқур тасаввурни шакллантиришга хизмат қилди. Мақоланинг асосий мақсади – юрак фаолиятининг физикавий

асосларини фанлараро нуқтаи назардан тизимлаштириш ва умумлаштириш – ушбу методология ёрдамида тўлиқ бажарилди, бу эса кардиология, биомедицина муҳандислиги ва биофизика соҳаларидаги келгуси тадқиқотлар учун мустаҳкам асос яратади.

Тадқиқотнинг чекловлари. Ушбу мақола адабиётлар таҳлилига асосланган бўлиб, унинг натижалари мавжуд нашр этилган маълумотлар билан чекланади. Нашр этилмаган тадқиқотлар ёки маълумотлар базаларида индексация қилинмаган ишлар (publication bias) кўриб чиқилмаган бўлиши мумкин. Шунингдек, турли тадқиқотларда қўлланилган методологияларнинг хилма-хиллиги, экспериментал шароитларнинг фарқланиши ва баъзи ҳолларда натижаларнинг бир-бирига мос келмаслиги маълумотларни синтезлаш жараёнида муайян қийинчиликлар туғдириши мумкин. Бундай қарама-қаршиликларни ҳал қилишда, энг ишончли ва кенг тарқалган далилларга таянилди. Мақоланинг кенг қамровлилиги сабабли, ҳар бир алоҳида тадқиқотнинг энг нозик жиҳатларига чуқур кириш имконияти чекланган бўлиши мумкин. Бироқ, бу чекловларга қарамай, тизимли ёндашув ва танқидий таҳлил юрак фаолиятининг физикавий асослари ҳақида кенг қамровли, ишончли ва замонавий маълумотларни тақдим этишга имкон берди.

Заключения

Мазкур мақола юрак фаолиятининг мураккаб физикавий асосларини фанлараро нуқтаи назардан таҳлил қилди. Юракнинг биомеханик насос сифатидаги иши, унинг электрик фаолиятининг биофизикаси, қон айланишининг гемодинамик қонунлари, мушак қисқаришининг молекуляр физикаси ва юрак товушларининг акустик табиати чуқур ўрганилди. Замонавий ҳисоблаш моделлари, илғор тасвирлаш усуллари ва сигналларни қайта ишлаш технологиялари юрак-қон томир тизимининг динамик жараёнларини миқдорий жиҳатдан тушунишда инқилобий ўзгаришларни амалга оширди. Бу билимлар юрак касалликларининг патофизиологиясини

чуқурроқ англаш, диагностик усулларни такомиллаштириш ва самарали даволаш стратегияларини ишлаб чиқиш учун мустаҳкам илмий асос яратади. Келгусидаги тадқиқотлар ушбу фанлараро ёндашувни янада ривожлантиришга қаратилган бўлади.

Список литературы

[1] [Автор(ы) неизвестен]. "Особенности вегетативной регуляции активности сердечно-сосудистой системы у студентов высших учебных заведений." Журнал Самаркандского государственного медицинского университета, № 2, 2021, с. 127. – https://www.sammu.uz/uz/jurnal/2021-2-127-son

[2] [Автор(ы) неизвестен]. "Современные подходы к реваскуляризации миокарда при ишемической болезни сердца." Медицина Нового дня, б.г. – https://newdaymedicine.uz/index.php/ps/article/view/106

[3] [Автор не указан]. Биофизика. Ташкент: Ташкентская медицинская академия, б.г. – https://e-library.tma.uz/

[4] [Автор(ы) не указан(ы)]. Медицинская и Биологическая Физика. Ташкент: Ташкентская Медицинская Академия, б.г. – https://e-library.tma.uz/

[5] [Неизвестный автор]. Физиология человека и животных. Ташкент: Ташкентская медицинская академия, б.г. – https://e-library.tma.uz/